

Właściwości hemaglutynacyjne szczepów *Pseudomonas aeruginosa*

KATARZYNA WOLSKA, ANTONI JAKUBCZAK

Zakład Mikrobiologii Wydziału Rolniczego Akademii Podlaskiej, ul. Prusa 12, 08-110 Siedlce

Wolska K., Jakubczak A.

Haemagglutinating properties in *Pseudomonas aeruginosa* strains

Summary

The aim of the study was to evaluate the haemagglutinating activity of *Pseudomonas aeruginosa*. The subject of the study were strains of *Pseudomonas aeruginosa* isolated from humans (7), hospital sinks (1), fish (25), cattle (16), swine (5), minks (7), chinchillas (2), foxes (2), deer (1), dogs (3), cats (1), chickens (3) and flowers - *Zantedeschia aethiopica* (1).

The presence and type of adhesines occurring in *Pseudomonas aeruginosa* strains were determined by a haemagglutination test with a 3% suspension of fresh and tannic acid-treated sheep and human group 0 erythrocytes with or without the addition of D-mannose. Haemagglutinating activity against 3% fresh erythrocytes was observed in 49 (66.2%) of the strains and against tannic acid-treated sheep erythrocytes in 43 (58%). Twenty-six strains were found to bear mannose resistant haemagglutinating activity (MR) and 23 strains exhibited mannose sensitive (MS) haemagglutinating activity. Using the fresh and tannic acid-treated human red blood cells haemagglutinations were found in 32 (43%) and 54 (73%) of the strains. 18 strains produced haemagglutination of MR type and 14 strains had MS timbriae.

The *Pseudomonas aeruginosa* strains that were used in the study demonstrated a differentiated activity against fresh human and sheep erythrocytes. Strains that did not agglutinate fresh erythrocytes indicated reaction in the presence of tannic acid-treated erythrocytes.

Keywords: haemagglutination, *Pseudomonas aeruginosa*

Adhezyny bakterii Gram-ujemnych związane są głównie z występującymi na powierzchni komórki nitkowatymi strukturami, nazywanymi fimbriami. Najlepiej poznane dotychczas są adhezyny bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, a szczególnie *Escherichia coli*. Na podstawie określonych właściwości biologicznych, budowy i rozmiarów, głównie zaś zdolności hemaglutynacji, fimbrie podzielono na kilka typów. Stwierdzenie bowiem aglutynacji krwinek przez szczepy z rodziny *Enterobacteriaceae* posiadające fimbrie było pierwszym dowodem wskazującym na związek tego typu struktur ze zdolnością przylegania bakterii do komórek zwierzęcych, a jednocześnie stworzyło możliwość charakterystyki powierzchni tych drobno-ustrojów na podstawie prostego testu (6, 13, 22).

Fimbrie, podobnie jak u *Escherichia coli*, odgrywają ważną rolę w adhezji pałeczek *Pseudomonas aeruginosa* do komórek makroorganizmu, umożliwiając kolonizację i zakażenie (5, 11, 14, 17, 21, 23, 27, 28). Na powierzchni pałeczek *Pseudomonas aeruginosa* stwierdzono obecność 2 typów fimbrii: typ 1, który aglutynuje krwinki różnych zwierząt i reakcja jest hamowana przez D-mannozę i jej pochodne oraz typ 4 fimbrii, którego aglutynacja jest niewrażliwa na D-mannozę. Stwierdzono, że stopień ekspresji tych ad-

hezyn jest zależny od warunków hodowli. Najbardziej intensywny rozwój fimbrii obserwowany jest podczas inkubacji bakterii na pożywce płynnej w 37°C przez 48 h w hodowli stacjonarnej (6, 11, 14, 21).

Celem badań było określenie aktywności hemaglutynacyjnej szczepów *Pseudomonas aeruginosa* wyizolowanych z różnych źródeł.

Materiał i metody

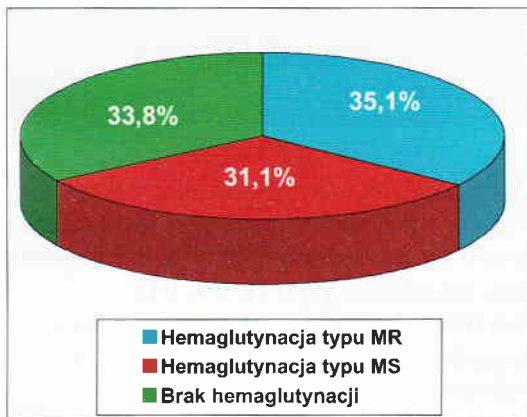
Szczepy bakteryjne. Badaniem objęto 74 szczepy *Pseudomonas aeruginosa*. Szczepy kliniczne *Pseudomonas aeruginosa* w liczbie 8 wyizolowano w Szpitalu Wojewódzkim w Siedlcach. 65 szczepów zwierzęcych *Pseudomonas aeruginosa* wyosobniono od ryb (25 szczepów), bydła (16 szczepów), świń (5 szczepów), norek (7 szczepów), szynszyli (2 szczepy), lisów (2 szczepy), jelenia (1 szczep), psów (3 szczepy), kota (1 szczep), kurczaków (3 szczepy) oraz 1 szczep z kwiatu cantedeskii etiopskiej (*Zantedeschia aethiopica*) (kalla) w Katedrze Epizootologii ART w Olsztynie i Katedrze Mikrobiologii AP w Siedlcach. Dodatkowo badaniem objęto szczep referencyjny *Pseudomonas aeruginosa* NCTC 6749. Identyfikację gatunkową przeprowadzono na podstawie cech fenotypowych z użyciem metod klasycznych i testów komercyjnych NEFERM test 24 (Lachema).

Badanie właściwości hemaglutynacyjnych (6). Szczepki *Pseudomonas aeruginosa* hodowano na podłożu płynnym TSB (Difco) przez 48 h w temp. 37°C. Uzyskaną hodowlę wirowano (3500 obr./10 min.) i po przepłukaniu buforowanym jałowym roztworem soli fizjologicznej (PBS, pH 7,2) z osadu sporządzano w PBS zawiesinę o gęstości 10^{10} kom./ml. Do doświadczenia przygotowywano 3% zawiesinę świeżych i taninowanych krwinek baranich i ludzkich grupy O. Krwinki świeże izolowano z krwi cytrynianowej, trzykrotnie przepłukiwano PBS i przygotowywano 3% zawiesinę. Taninowane krwinki uzyskiwano, inkubując w łaźni wodnej w równych objętościach 3% zawiesinę świeżych erytrocytów z 0,01% roztworem kwasu taninowego w buforze fosforanowym o pH 7,2 (37°C przez 15 min.). Po taninowaniu krwinki dwukrotnie przepłukiwano buforem fosforanowym i wykonywano 3% zawiesinę. Inhibitor cukrowy – D-mannoza był przygotowywany w postaci 2,5% wodnego roztworu.

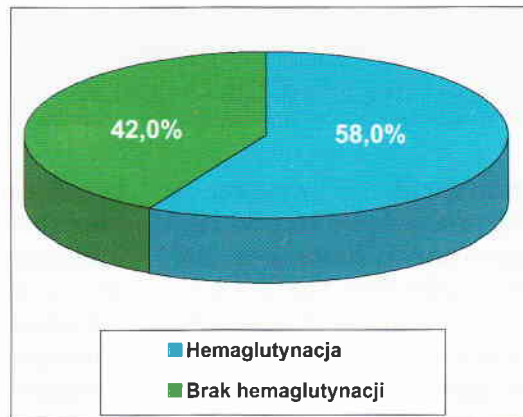
Test hemaglutynacji wykonano na płytkach szklanych z wgłębieniami, mieszając 0,05 ml bakterii z 0,05 ml 3% zawiesiną krwinek świeżych lub taninowanych. W celu określenia swoistości cukrowej hemaglutynin do analogicznie przygotowanej mieszaniny szczepu i krwinek (wyłącznie krwinek świeżych) dodawano 0,05 ml 2,5% roztworu D-mannozy. Mieszaniny wytrząsano przez 5 min. w temp. około 4°C, uzyskanej przez umieszczenie płytki szklanej na tafli lodowej oraz przez 15 min. w temp. pokojowej.

Wyniki i omówienie

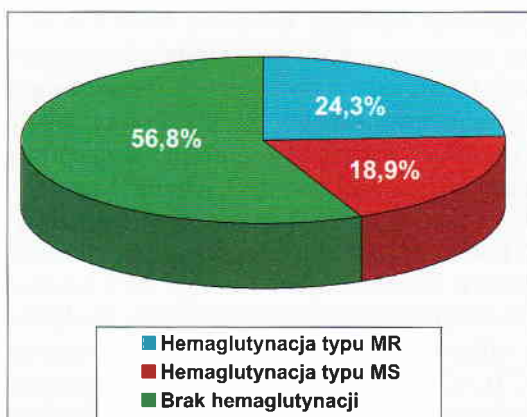
Obecność adhezyn na powierzchni komórek szczepów *Pseudomonas aeruginosa* określono testem hemaglutynacji z 3% zawiesiną świeżych i taninowanych krwinek baranich (tab. 1, ryc. 1 i 2) i ludzkich grupy O (tab. 2, ryc. 3 i 4). Przedstawione w tab. 1 dane wskazują, że aktywność hemaglutynacyjna pałeczek *Pseudomonas aeruginosa* wobec krwinek świeżych baranich była dość wysoka i prezentowana przez 49 (66,2%) szczepów. Zakres aktywności występował w zależności od pochodzenia u 40%-100% szczepów *Pseudomonas aeruginosa*. Aktywność hemaglutynacyjną wobec krwinek taninowanych wykazywały 43 (58%) szczepy, wśród których dominowały szczepy pochodzące od człowieka, bydła, świń i kurczaków. Spośród szczepów aglutynujących erytrocyty taninowane 19 (25,7%) nie wykazywało wcześniejszej reakcji z krwinkami świeżymi. Aktywność hemaglutynacyjna szczepów *Pseudomonas aeruginosa* wobec świeżych krwinek ludzkich była niższa od krwinek baranich (tab. 2), natomiast wysoka była aktywność hemaglutynacyjna badanych bakterii wobec krwinek taninowanych, prezentowana przez 54 (73%) szczepy, z których 29 (40,3%) nie aglutynowało świeżych krwinek. W celu określenia swoistości cukrowej adhezyn obecnych na powierzchni komórek *Pseudomonas aeruginosa* reakcję hemaglutynacji świeżych krwinek prowadzono w obecności D-mannozy (tab. 1 i 2, ryc. 1 i 3). Na podstawie aktywności hemaglutynacyjnej szczepów wobec erytrocytów baranich i ludzkich grupy O, a także wrażliwości reakcji na obecność w środowisku D-mannozy określono 2 typy hemaglutynin obecnych na powierzchni komórek szczepów *Pseudomonas aeruginosa*: mannozo-wrażliwe (MS), które aglutynowały świeże krwinki baranie i/lub ludzkie i reakcja była hamowana D-mannożą, oraz mannozo-oporne (MR) aglutynujące świeże krwinki baranie i/lub ludzkie i reakcja nie była hamowana D-mannożą. Typ MR he-



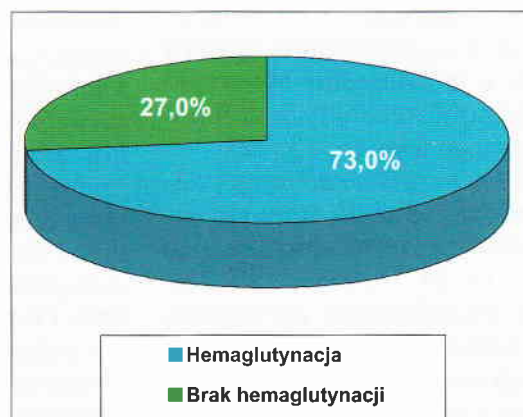
Ryc. 1. Hemaglutynacja erytrocytów baranich



Ryc. 2. Hemaglutynacja erytrocytów baranich taninowanych



Ryc. 3. Hemaglutynacja erytrocytów ludzkich



Ryc. 4. Hemaglutynacja erytrocytów ludzkich taninowanych

reakcję hemaglutynacji świeżych krwinek prowadzono w obecności D-mannozy (tab. 1 i 2, ryc. 1 i 3). Na podstawie aktywności hemaglutynacyjnej szczepów wobec erytrocytów baranich i ludzkich grupy O, a także wrażliwości reakcji na obecność w środowisku D-mannozy określono 2 typy hemaglutynin obecnych na powierzchni komórek szczepów *Pseudomonas aeruginosa*: mannozo-wrażliwe (MS), które aglutynowały świeże krwinki baranie i/lub ludzkie i reakcja była hamowana D-mannożą, oraz mannozo-oporne (MR) aglutynujące świeże krwinki baranie i/lub ludzkie i reakcja nie była hamowana D-mannożą. Typ MR he-

Tab. 1. Hemaglutynacja erytrocytów baranich przez szczepy *Pseudomonas aeruginosa*

Pochodzenie szczepu bakteryjnego	Liczba szczepów	E B	E B M	ET B
Człowiek	7	7+	5 MR 2 MS	6+ 1-
Kurczaki	3	3-		3+
Ryby	25	19+ 6-	8 MR 11 MS	8+ 17-
Bydło	16	7+ 9-	3 MR 4 MS	13+ 3-
Świnie	5	2+ 3-	2 MR	5+
Norki	7	5+ 2-	5 MR	3+ 4-
Szynszyle	2	1+ 1-	1 MS	2+
Lisy	2	2+	1 MS 1 MR	2-
Jeleń	1	1-		1-
Psy	3	3+	1 MR 2 MS	1+ 2-
Kot	1	1+	1 MR	1+
Kwiat - kalla	1	1+	1 MS	1-
Zlew szpitalny	1	1+	1 MS	1+
Razem	74 (100%)	49+ (66,2%) 25- (33,8%)	26 MR 23 MS	43+ (58%) 31- (42%)
Wzorzec P.a. NCTC 6749	1	1+	1 MS	1+

Objaśnienia: E – erytrocyty świeże, B – bakterie, M – D-mannoza, ET – erytrocyty taninowane, (+) – wystąpienie hemaglutynacji, (-) – brak hemaglutynacji, MR – hemaglutyniny mannozo-oporne (aglutynacja świeżych krwinek, reakcja nie hamowana D-mannożą), MS – hemaglutyniny mannozo-wrażliwe (aglutynacja świeżych krwinek, reakcja hamowana D-mannożą)

maglutynin okazał się bardziej rozpowszechnioną adhezyną niż typ MS; obecność tych adhezyn na powierzchni komórki stwierdzono u 26 (35,1%) szczepów *Pseudomonas aeruginosa* w przypadku, gdy używano krwinek baranich i u 18 (24,3%) szczepów, gdy badanie wykonywano z erytrocytami ludzkimi.

Jedną z cech drobnoustrojów oportunistycznych ułatwiających kolonizację makroorganizmu, a następnie zakażenie jest obecność na powierzchni komórki bakteryjnej fimbrii, dla których receptorem są węglowodany występujące w cząsteczkach glikoprotein lub glikolipidów komórek ludzkich (16). Obecność takich receptorów stwierdzono również na powierzchni erytrocytów, stąd hemaglutynacja jest metodą stosowaną w celu określenia u badanych szczepów adhezyn nazywanych hemaglutyninami (13). Aktywność hemaglutynacyjną bakterii hamują swoiste inhibitory cukrowe, m.in.: D-mannoza, D-galaktoza, D-fukoza i D-ryboza, N-acetylo-D-glukozamina, co pozwala określić rodzaj występujących adhezyn. U *Pseudomonas aeru-*

Tab. 2. Hemaglutynacja erytrocytów ludzkich przez szczepy *Pseudomonas aeruginosa*

Pochodzenie szczepu bakteryjnego	Liczba szczepów	E B	E B M	ET B
Człowiek	7	2+ 5-	2 MS	6+ 1-
Kurczaki	3	3-		1+ 2-
Ryby	25	14+ 11-	11 MR 3 MS	17+ 8-
Bydło	16	4+ 12-	1 MR 3 MS	12+ 4-
Świnie	5	1+ 4-	1 MR	3+ 2-
Norki	7	4+ 3-	3 MR 1 MS	7+
Szynszyle	2	1+ 1-	1 MR	2+
Lisy	2	1+ 1-	1 MS	2+
Jeleń	1	1-		1+
Psy	3	3+	1 MR 2 MS	2+ 1-
Kot	1	1+	1 MR	1-
Kwiat - kalla	1	1-		1-
Zlew szpitalny	1	1+	1 MS	1+
Razem	74 (100%)	32+ (43,2%) 42- (56,8%)	18 MR 14 MS	54+ (73%) 20- (27%)
Wzorzec P.a. NCTC 6749	1	1-		1-

PA-IIL od 4°C do 37°C (8, 18).

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono u około 50% testowanych pałeczek *Pseudomonas aeruginosa* aktywność hemaglutynacyjną wobec świeżych erytrocytów, z tego ponad połowa szczepów posiadała na powierzchni hemaglutyniny MR (mannose-resistant) odpowiadające fimbriom typu 4. Uzyskane wyniki są zgodne z badaniami innych autorów (9, 23). Jak podają Bentzman i wsp. (2) oraz Trafny (21), fimbrie typu 4 są cienkie, mają średnicę około 6 nm i umiejscowione są na jednym z biegunów komórki. Wiążą się z sekwencją Gal β 1-4 Gal NAc receptora glikosfingolipidowego – asialo GM1 występującego na komórkach układu oddechowego. Według Trafny (21), fimbrie typu 4 odgrywają zasadniczą rolę w tworzeniu biofilmu. Biofilm *Pseudomonas aeruginosa* jest charakterystyczny dla wielu przewlekłych zakażeń wywołanych przez ten drobnoustrój, takich jak: zapalenie płuc, wsierdza, pęcherza, dróg moczowych, szpiku kostnego, błony naczyniowej oka oraz ran poopa-

ginosa występują 2 lektyny: lektyna galaktozo-swoista (PA-IL) oraz fukozo- i mannozo-swoista (PA-IIL) (8). Są one wytwarzane i magazynowane w cytoplazmie i przestrzeni periplazmatycznej komórki *Pseudomonas aeruginosa*. Pewna część zsyntetyzowanych cząsteczek tych lektyn jest też deponowana na powierzchni komórki bakteryjnej (20). Białka te aglutynują erytrocyty człowieka i zwierząt, przy czym lektyna PA-IL charakteryzuje się silną aglutynacją erytrocytów poddanych działaniu papainy lub neuraminydazy. Stwierdzono, że optymalna temperatura do syntezy PA-IL wynosi 4°C, a dla

rzeniowych (5, 11, 12, 17, 21, 27, 28). Biofilm *Pseudomonas aeruginosa* stwierdzono również na powierzchni szkieł kontaktowych i w świetle przewodów różnorodnych cewników stosowanych dla celów terapeutycznych (3, 14, 21). Ostatnie badania własne wykazały występowanie biofilmu *Pseudomonas aeruginosa* na powierzchni i w świetle cewników wykonanych z: poliuretanu, polichloru winylu i silikonowanego lateksu (dane nieopublikowane).

Zaobserwowano również wysoką aktywność hemaglutynacyjną pałeczek ropy błękitnej wobec erytrocytów taniowanych. Badane szczepy, które nie aglutynowały erytrocytów świeżych ludzkich i baranich wykazywały reakcję z erytrocytami taniowanymi. Według danych piśmiennictwa, aktywność hemaglutynacyjna bakterii wobec krwinek taniowanych jest związana z obecnością fimbrii typu 3. Obecność takich fimbrii wykazano m.in. u pałeczek z rodzaju *Acinetobacter*, *Enterobacter* i *Klebsiella* (4, 7). Fimbrie tego typu są cienkie i krótkie; ułatwiają przyleganie do komórek zawierających kolagen (19), biorą udział w kolonizacji cewników moczowych (15) oraz wraz z fimbriami typu 1 pośredniczą w adherencji bakterii do komórek nabłonka policzka i tchawicy (10).

U ponad 20% szczepów *Pseudomonas aeruginosa* stwierdzono obecność na powierzchni komórki fimbrii typu 1. Fimbrie te są długimi, grubymi włóknkami zbudowanymi z dużych białek strukturalnych i małych adhezyjnych białek H, ułożonych wzdłuż fimbrii; aglutynują one świeże krwinki, a reakcja jest hamowana w obecności D-mannozy, stąd fimbrie te określa się jako hemaglutyniny MS (mannose-sensitive). Receptorem dla fimbrii typu 1 są zawierające mannozę glikoproteiny, obecne na powierzchni większości komórek eukariotycznych (1). Badania Izdebskiej-Szymony i Łaziuka (11) wykazały, że hydrofobowość szczepów *Pseudomonas aeruginosa* jest związana z obecnością fimbrii typu 1. Jankowski i wsp. (12) podają, że ponad połowa szczepów *Pseudomonas aeruginosa* izolowanych z zakażeń układu moczowego i pokarmowego wykazywała bardzo silne właściwości hydrofobowe. Potwierdzają to również badania własne (24), z których wynika wysoka hydrofobowość szczepów szpitalnych *Pseudomonas aeruginosa*. Wykazano także zależność między właściwościami hydrofobowymi szczepów *Pseudomonas aeruginosa* i ich adhezją do powierzchni komórek nabłonka policzkowego, biomateriałów i szkiełek nakrywkowych (25, 26). Dane piśmiennictwa (5, 11, 27) wskazują, że fimbrie typu 1 odpowiadają za adhezję szczepów *Pseudomonas aeruginosa* do komórek nabłonkowych układu oddechowego i dróg moczowych. Stwierdzono ponadto, że fimbrie tego typu pośredniczą obok rzęsek w adhezji *Pseudomonas aeruginosa* do powierzchni oparzonej skóry (17).

Użyte do badań szczepy *Pseudomonas aeruginosa* wykazywały zróżnicowaną aktywność aglutynacyjną wobec świeżych erytrocytów ludzkich i baranich.

Szczepy, które nie aglutynowały świeżych erytrocytów, wykazywały jednak reakcję w obecności erytrocytów taniowanych.

Piśmiennictwo

1. Beachey E. H., Abraham S. N.: Biological properties of bacterial surface proteins: type 1 fimbriae of *Escherichia coli*. [w:] Schrinner E., Richmond P. M. M., Seibert G., Schwarz U.: Surface Structures of Microorganisms and their Interaction with the Mammalian Host. VCH, Weinheim 1988.
2. Bentzman S. de, Roger P., Dupuit F., Bajdet-Laudinat O., Fuchey C., Plotkowski Puchelle E.: Asialo GM1 is a receptor for *Pseudomonas aeruginosa* adherence to regenerating respiratory epithelial cells. *Infect. Immun.* 1996, 64, 1582-1588.
3. Butrus S. J., Klotz S. A.: Contact lens surface deposits increase the adhesion of *Pseudomonas aeruginosa*. *Curr. Eye Res.* 1990, 9, 717-724.
4. Clegg S., Gerlach G. F.: Enterobacterial fimbriae. *J. Bacteriol.* 1987, 169, 934-938.
5. Dallina A. M., Lobashevskii A. L., Dratvin S. A.: The hemagglutinating properties of *Pseudomonas aeruginosa* strains isolated from patients with nonspecific lung diseases. *Zh. Microbiol. Epidemiol. Immunobiol.* 1992, 1, 16-18.
6. Duguid J. P., Gillies R. R.: Fimbriae and adhesive properties in dysentery bacilli. *J. Path. Bact.* 1957, 49, 397-411.
7. Fleischer M., Przondo-Mordarska A.: Adhezyna pałeczek z rodzaju *Acinetobacter*. *Med. Dośw. Mikrobiol.* 1998, 50, 229-237.
8. Giboa-Garber N., Sudakevitz D.: The hemagglutinating activities of *Pseudomonas aeruginosa* lectins PA-II and PA-III exhibit opposite temperature profiles due to different receptor types. *Immunol. Med. Microbiol.* 1999, 25, 365-369.
9. Glick J., Garber N., Shohet D.: Surface haemagglutinating activity of *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbios.* 1987, 50, 69-80.
10. Hornick D. B., Allen B. L., Horn M. A. i in.: Fimbrial types among respiratory isolates belonging to the family Enterobacteriaceae. *J. Clin. Microbiol.* 1991, 29, 1795-1800.
11. Izdebska-Szymona K., Łaziuk D.: Comparison of some adhesive properties of *Pseudomonas aeruginosa* strains isolated from respiratory and urinary tract infections. *Acta Microbiol. Polon.* 1988, 37, 281-293.
12. Jankowski S., Sarowska J., Żarczyńska H., Cisowska A.: Hydrofobowe właściwości szczepów *Pseudomonas aeruginosa*. *Med. Dośw. Mikrobiol.* 1997, 49, 187-190.
13. Jann K., Hoschutsky H.: Nature and organization of adhesins. *Curr. Top. Microbiol. Immunol.* 1990, 151, 55-69.
14. Klotz S. A., Butrus S. J., Misra R. P., Osato M. S.: The contribution of bacterial surface hydrophobicity to the process of adherence of *Pseudomonas aeruginosa* to hydrophilic lenses. *Curr. Eye Res.* 1989, 8, 195-202.
15. Mobley H. L. T., Chippendale G. R., Tenney J. H., Mayrer A. R., Crisp L. J., Penner J. L., Warren J. W.: MR/K hemagglutination of *Providencia stuarti* correlates with persistence 30 in catheter-associated bacteria. *J. Infect. Dis.* 1988, 157, 264-271.
16. Rodriguez-Ortega M., Ofek I., Sharon N.: Membrane glycoproteins of human polymorphonuclearleukocytes that act as receptors for mannose-specific *Escherichia coli*. *Infect. Immun.* 1987, 55, 968-973.
17. Sato H., Okinaga K., Saito H.: Role of pili in the pathogenesis of *Pseudomonas aeruginosa* burn infection. *Microbiol. Immunol.* 1988, 32, 131-139.
18. Sudakevitz D., Levene C., Sela R., Gilboa-Garber N.: Differentiation between human red cells of Pk and p blood types using *Pseudomonas aeruginosa* PA-I lectin. *Transfusion* 1996, 36, 113-116.
19. Tarrkanen A. M., Allen B. L., Westerlund B., Holthofer H., Kuusela P., Risteli L., Clegg S., Korhonen T. K.: Type V collagen as the target for type-3 fimbriae, enterobacterial adherence organells. *Moll. Microbiol.* 1990, 4, 1353-1361.
20. Trafny E. A.: Adhezja *Pseudomonas aeruginosa* do substancji pozakomórkowej tkanek oraz jej znaczenie w procesie rozwoju i zwalczania zakażenia. *Praca hab. Roczn. Wojsk. Inst. Higieny i Epidemiologii* 1999, 35, 9-21.
21. Trafny E. A.: Powstawanie biofilmu *Pseudomonas aeruginosa* i jego znaczenie w patogenezie zakażeń przewlekłych. *Post. Mikrobiol.* 2000, 39, 55-71.
22. Tylewska S., Ławrynowicz J., Hryniewicz W.: Mechanizm i biologiczne znaczenie adhezji bakteryjnej. *Post. Mikrobiol.* 1985, 24, 3-27.
23. Tylewska S., Hryniewicz W., Kostrzyńska M., Izdebska-Szymona K.: Factors influencing the adhesive properties of *Pseudomonas aeruginosa*. *Acta Microbiol. Pol.* 1988, 37, 183-190.
24. Wolska K., Pogorzelska S., Fijol E., Jakubczak A., Bukowski K.: Wpływ warunków hodowli na hydrofobowe właściwości pałeczek *Pseudomonas aeruginosa*. *Med. Dośw. Mikrobiol.* 2002, 54, 61-66.
25. Wolska K., Sówka A., Bukowski K., Jakubczak A.: Adherence of *Pseudomonas aeruginosa* to solid surfaces. *Acta Microbiol. Pol.* 2002, 50, 311-314.
26. Wolska K., Kot B., Jakubczak A., Dregga A., Sołek J., Bukowski K.: Zdolność adhezji do komórek nabłonkowych i powierzchni biomateriałów szczepów *Pseudomonas aeruginosa*. *Medycyna Wet.* 2003, 59, 436-439.
27. Woods D. E., Bass J. E., Johanson W. G. Jr, Straus D. C.: Role of adherence in the pathogenesis of *Pseudomonas aeruginosa* lung infection in cystic fibrosis patients. *Infect. Immun.* 1980, 30, 694-699.
28. Woods D. E., Straus D. C., Johanson W. G. Jr, Berry V. K., Bass J. A.: Role of pili in adherence of *Pseudomonas aeruginosa* to mammalian buccal epithelial cells. *Infect. Immun.* 1980, 29, 1146-1151.